

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE : 53-54 WSP Canada Inc.
EXPÉDITEUR : 53-54 WSP Canada Inc.
COPIE : Mme Karine Dallaire, Ing., M.Env., ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)
M. Gaétan Veillette, ing., MERN
OBJET : Levés géoradar pour détection d'un site d'enfouissement et d'infrastructures de béton
N° DE PROJET : 201-00652-00
DATE : 9 septembre 2020

1. MISE EN CONTEXTE

Dans le contexte de la restauration de l'ancien site minier St-Lawrence Colombium à Oka, Québec, certaines infrastructures historiques doivent être caractérisées afin d'identifier leur impact sur l'environnement. Parmi les infrastructures identifiées par WSP Canada Inc. (WSP) en 2018¹, certaines sont présumées enfouies. Un relevé au radar géologique (géoradar) a donc été proposé au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) pour essayer de les localiser.

Les deux zones investiguées au géoradar pour confirmer la position et les limites de restes de structures de bâtiment ou de dépôts dans le sous-sol sont les suivantes (figure 1) :

- la zone 6 (dépôt de débris de démolition);
- la zone 17 (chambre des treuils), où l'on suspecte la présence de murs enfouis et de dalles de béton.

Les levés géoradar (antenne de 250 Mhz) ont été effectués le 14 juillet 2020.

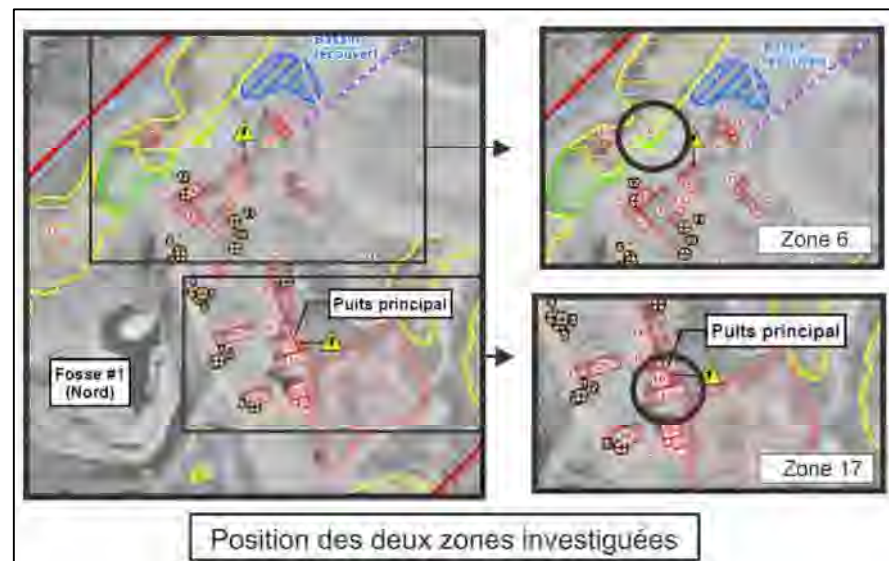


Figure 1 Localisation des différentes zones sur l'ancien site minier (voir annexe 1)

¹ WSP. 2018. *CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE. SITE MINIER ST-LAWRENCE COLUMBIUM, OKA (QUÉBEC)*. Rapport produit pour Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. 128 pages et annexes. N° réf : 171-03521-00.

1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE DE LEVÉ

La figure 2 présente une vue aérienne des deux zones investiguées au géoradar avec le positionnement des profils géoradar réalisés à l'aide d'un DGPS EOS de type *Arrow gold*. Les positions supposées des limites de structures enfouies, tirées de la carte 4 de WSP 2018 (annexe 1), ont été représentées par un contour rouge pour la zone 17 (chambre des treuils) et par un contour jaune pour la zone 6 (dépôt de débris de démolition).

Notons que les levés géoradar effectués dans ces deux zones avaient pour objectif de confirmer la présence des murs d'enceinte et/ou de dalle et dépôts éventuels, et de délimiter l'emplacement de ces structures. Il était prévu de quadriller la zone pour obtenir une délimitation complète des structures. Toutefois, la densité de la végétation au sol avait été sous-estimée lors de la visite de reconnaissance du 4 juin 2020, où les secteurs de relevés géophysiques n'ont été que partiellement et brièvement parcourus. À la suite d'un débroussaillage effectué par WSP en début de relevés, il est devenu clair que certains arbres et arbustes et leurs racines ne pourraient être retirés des tracés prévus sans faire appel à un sous-traitant spécialisé en déboisement, lequel n'avait pas de disponibilité à courte échéance. La stratégie de levé a donc été adaptée (réduction du nombre de transects et déplacement de ceux-ci dans les zones de végétation les moins denses) afin de réussir à atteindre les objectifs.

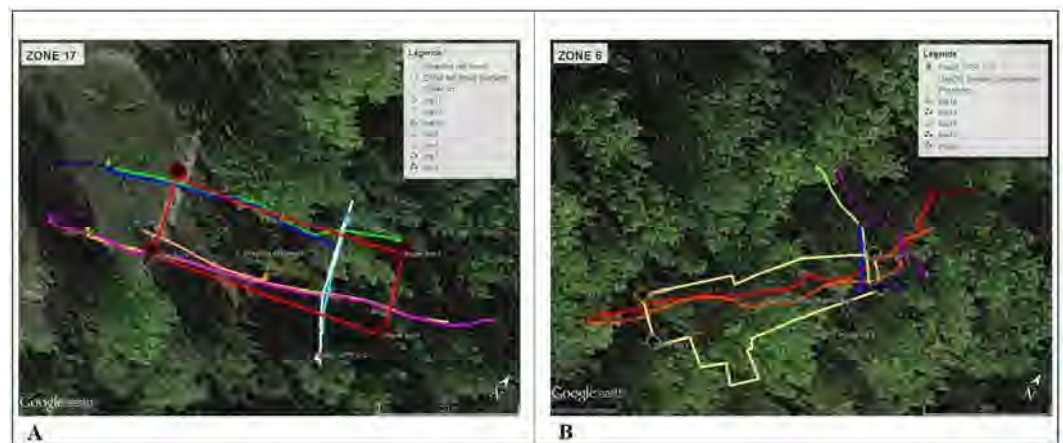


Figure 2 Localisation des zones de levés et des profils géoradar. A) Zone 17 ; chambre des treuils, B) Zone 6 ; zone de dépôt de débris de démolition

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE D'ACQUISITION DES DONNÉES

Les levés géoradar ont été réalisés par **53-54** de WSP.

Les données ont été acquises en utilisant le mode à balayage linéaire.

L'antenne de fréquence 250 MHz a été utilisée afin de permettre un meilleur rapport entre la résolution et la profondeur d'investigation. Au total, 12 profils géoradar ont été réalisés, soit 5 profils géoradar dans la zone 6 (dépôt de débris de démolition) et 7 profils géoradar dans la zone 17 (chambre des treuils).

L'appareil utilisé pour le levé géoradar est le Noggin (figure 3) de *Sensors & Software*, équipé d'un module d'acquisition de données (figure 3A), d'une console pour la visualisation des résultats en temps réel afin de vérifier la qualité des données sur le terrain (figure 3B) et d'un DGPS externe de marque EOS, modèle *Arrow gold* (figure 3C) pour le positionnement des lignes géoradar.

Il est à noter qu'un premier positionnement avait été effectué par le service d'arpentage de WSP pour délimiter grossièrement les zones à partir des plans existants, pour gagner du temps lors des opérations de terrain (zone plus réduite à investiguer).



Figure 3 Noggin de Sensors & software. A) Module d'acquisition de données 250 MHz, B) console pour la visualisation des résultats en temps réel, C) DGPS externe de marque Arrow gold.

Source : <https://www.sensoft.ca/products/noggin/overview/>; consulté le 2020/07/27

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Une douzaine de profils géoradar a été réalisée sur les deux zones de part et d'autre des quadrillages de couleur jaune pour la zone 6 et rouge pour la zone 17 (voir figure 2), ceci afin de localiser et de délimiter les structures (dalle ou fondation de béton ou amas de débris) dans les deux zones.

Le traitement des données géoradar a été réalisé à l'aide du logiciel *Ekko Project de Sensors & Software*. Sur les zones 6 et 17, le rapport signal/bruit est clair jusqu'à une profondeur de 3-4 m, ce qui permet la visualisation de certains réflecteurs dans cet intervalle.

3.1 IMAGE GÉORADAR 2D D'UN PROFIL SUR LA ZONE 17

La figure 4 présente le radargramme d'une ligne réalisée sur la zone 17 (chambre des treuils). On peut observer la présence d'un réflecteur bien marqué (pointillés bleus) entre 0,7 et 1,5 m de profondeur. Ce réflecteur semble correspondre à une interface de compaction susceptible de représenter une structure anthropique ancienne (mur ou ancienne dalle). De fortes hyperboles sont susceptibles de caractériser des structures plus localisées, comme la présence de murets ou de blocs.

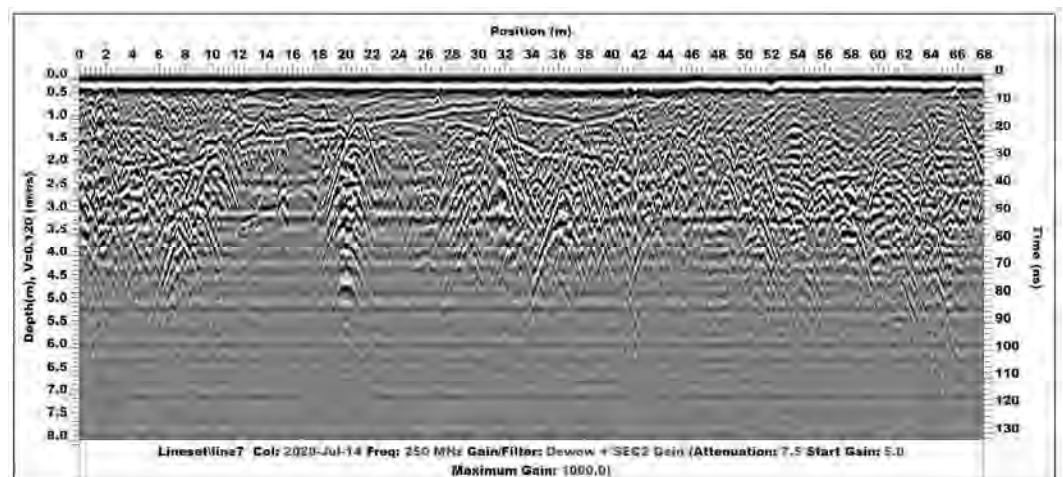


Figure 4 Radargramme de la ligne 7 obtenu avec l'antenne 250 MHz; zone 17

3.2 IMAGE GÉORADAR 2D D'UN PROFIL SUR LA ZONE 6

La figure 5 présente un profil géoradar d'une ligne réalisée sur la zone 6 (dépôt de débris de démolition). On peut remarquer la présence d'hyperboles et de réflecteurs discontinus de 0,5 à 4 m de profondeur le long du radargramme (perte du signal au-delà de 4 m de profondeur). Ces anomalies sont assez bien délimitées sur l'ensemble de la section avec une zone transparente de 0 à 20 m, puis de 44 à 49 m de distance. Ces hyperboles traduisent probablement un terrain remanié avec présence de débris sur les 4 premiers mètres. Cette zone est susceptible de correspondre à la zone de dépôts recherchée.

Étant donné qu'aucune réponse du signal n'est observable au-delà de 4 m de profondeur (perte du signal), WSP estime que le dépôt de débris a une profondeur d'au moins 4 m avec une incertitude de $\pm 0,5$ m.

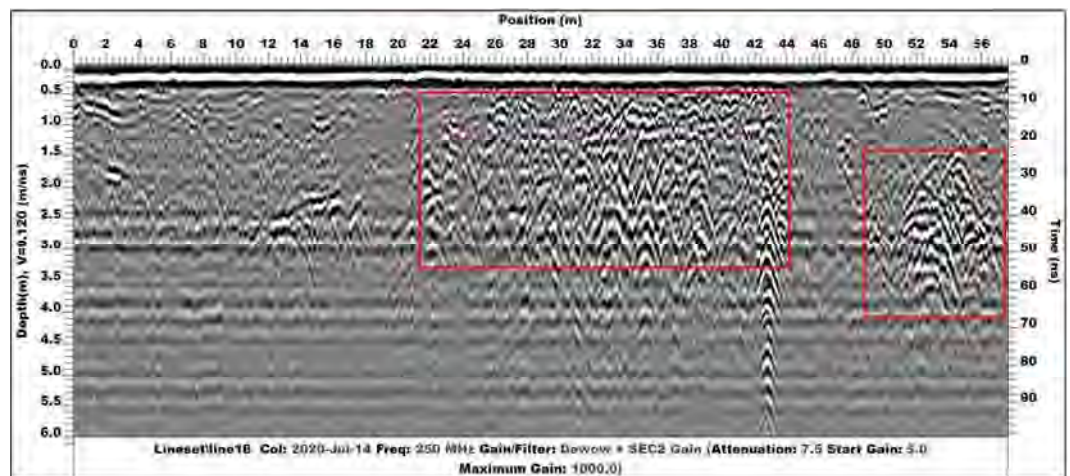


Figure 5 Image géoradar 2D de la ligne 16 obtenue avec l'antenne de 250 MHz; zone 6.

3.3 LOCALISATION DES ANOMALIES GÉORADAR SUR LA ZONE 17 (CHAMBRE DES TREUILS)

Les réponses repérées sur les profils géoradar pouvant correspondre à la présence d'anciennes structures (murets ou dalle) ont été reportées sur un fond de carte à l'aide du logiciel Google Earth (figures 6 et 7). Ces anomalies correspondent probablement à l'interface délimitant des zones de compaction différente (contraste remblais sur mur ou dalle, chambre des treuils).

3.4 LOCALISATION DES ANOMALIES GÉORADAR SUR LA ZONE 6 (DÉPÔTS DE DÉBRIS)

Les anomalies repérées sur les profils géoradar de la zone 6, pouvant correspondre à la présence de débris de nature variée, ont été reportées sur un fond de carte à l'aide du logiciel Google Earth (figures 8 et 9). Ces anomalies correspondent probablement à un terrain plus hétérogène avec présence de débris, par contraste au terrain plus homogène observé dans la première partie de la section (signal transparent).

Comme mentionné précédemment, la présence de végétation dense sur les zones investiguées nous a empêchés d'obtenir une couverture optimale pour une délimitation de zone plus complète.

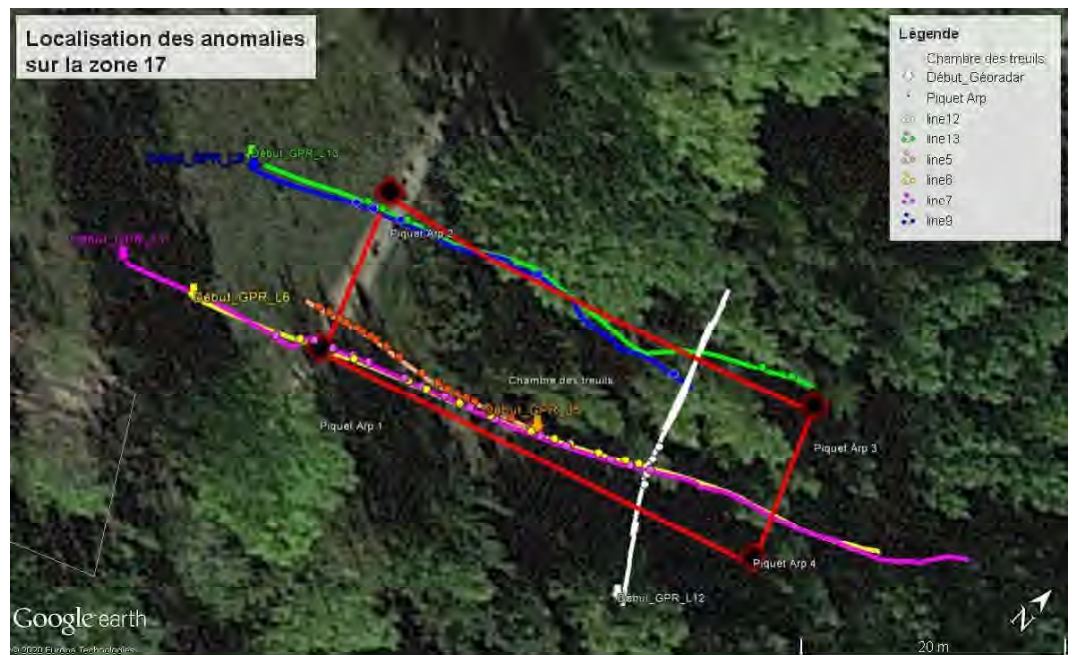


Figure 6 Localisation des profils et des anomalies géoradar qui représentent l'interface délimitant le sol de remblais d'une structure potentielle

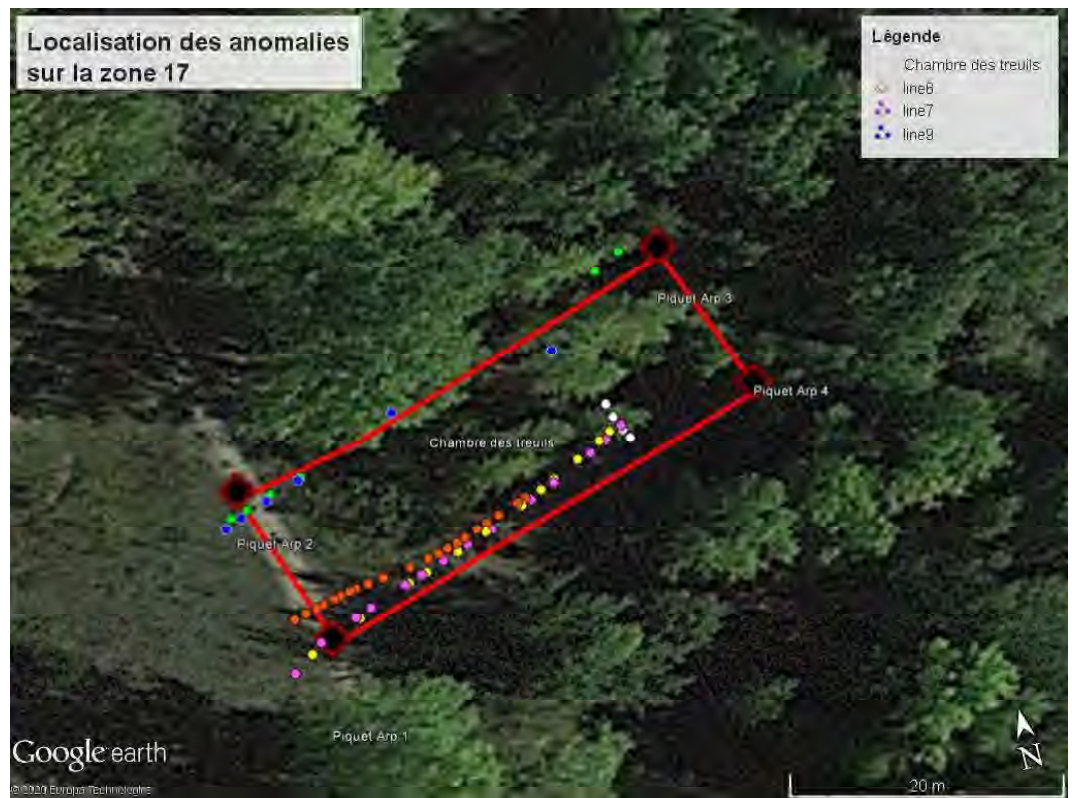


Figure 7 Localisation des anomalies géoradar seules, représentant l'interface délimitant le sol de remblais d'une structure potentielle

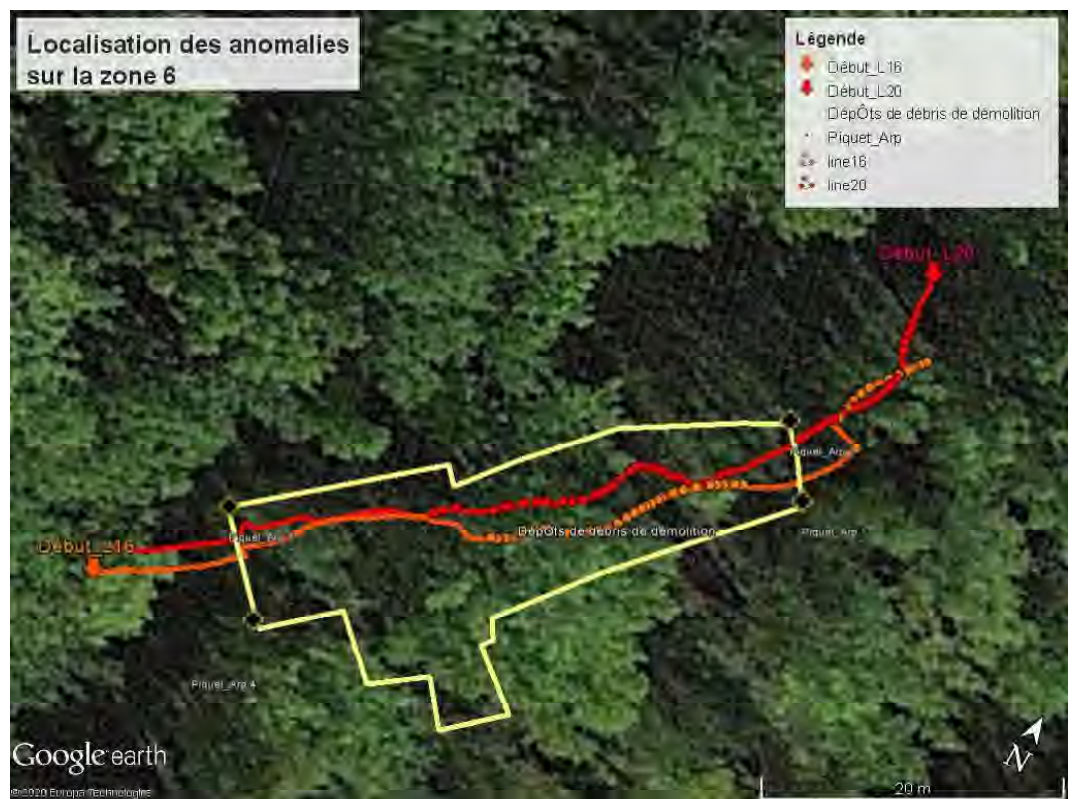


Figure 8 Localisation des profils georadar et des anomalies observées qui représentent la partie de sol hétérogène de 0 à 4 m



Figure 9 Localisation des anomalies géoradar seules, représentant la partie du sol hétérogène

4. CONCLUSION

Les données géoradar acquises sur le terrain ont permis de mettre en évidence une partie de l'interface traduisant les structures enfouies dans le sol pour la zone 17 (chambre des treuils) et les limites de cette structure en lien avec le plan fourni. Selon les radargrammes, ces interfaces sont observées entre 0,7 et 1,5 m de profondeur. Toutefois, compte tenu des nombreuses structures similaires présentes à proximité de la zone 17 (zones 16, 18, 19, etc.) et de l'incertitude dans le géoréférencement des plans, il ne peut pas être exclu que les interfaces détectées appartiennent à une autre structure voisine.

En ce qui concerne la zone 6 (dépôt de débris de démolition), les réponses obtenues à partir des profils géoradar 2D permettent de confirmer une zone hétérogène de 0 à 4 m de profondeur avec une structure d'apparence remaniée correspondant probablement aux débris présents dans la zone. Il a ainsi été possible de délimiter le contour de cette zone enfouie dans laquelle se trouve probablement un dépôt de débris (présence de réflexions multiples bien marquées). Étant donné qu'aucune réponse du signal n'est observable au-delà de 4 m de profondeur (perte du signal), WSP estime que le dépôt de débris a une profondeur d'au moins 4 m avec une incertitude de $\pm 0,5$ m.

Préparé par :

Révisé par :

53-54

MB/DL/lp

p. j. Annexes

RÉFÉRENCES

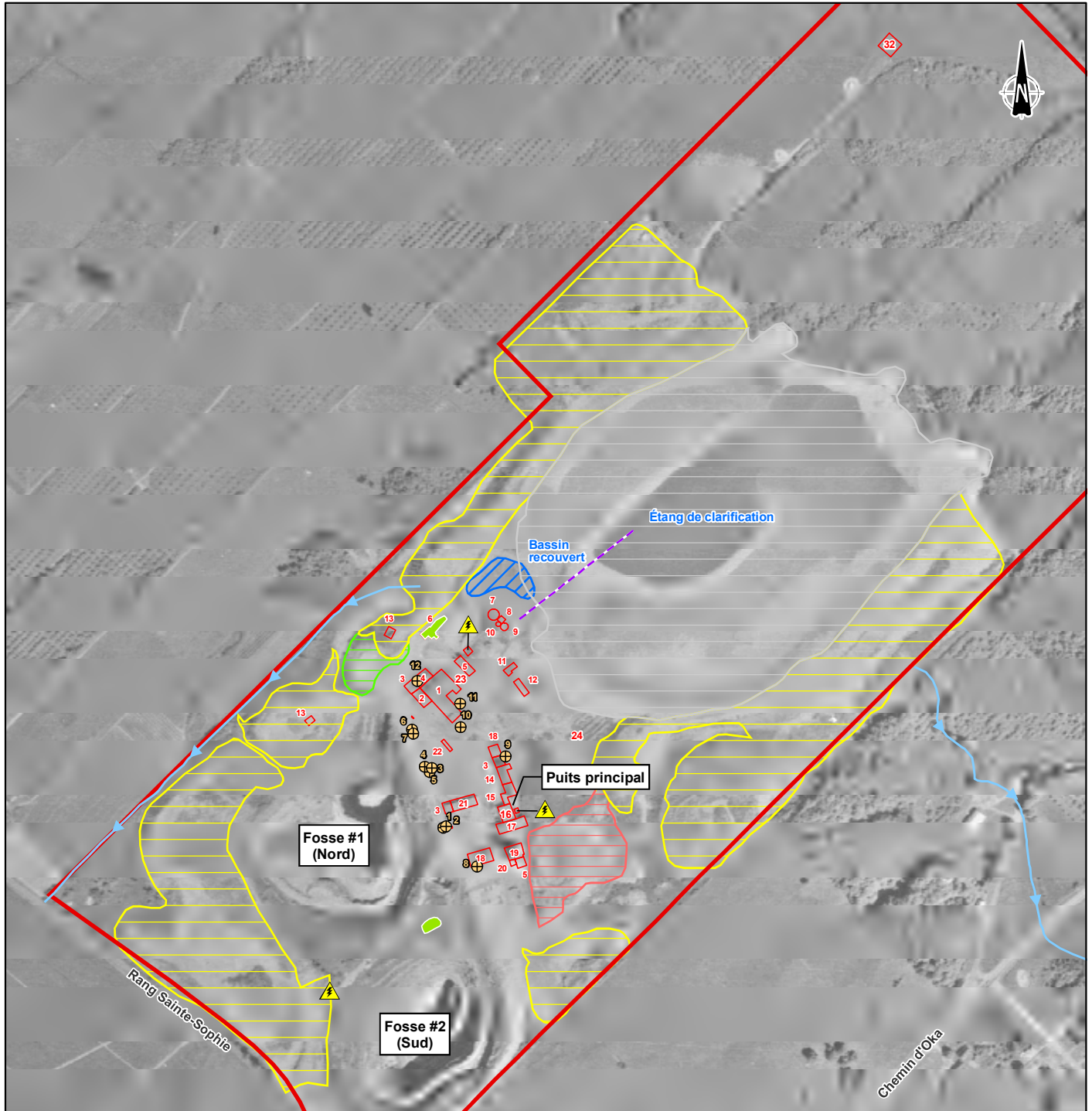
- Sensors & Software, 2018: EKKO Project, User's guide. Sensors & Software, 2018, 179 p. site internet consulté le 27 juillet 2020 au [//www.sensoft.ca/wp-content/uploads/2018/04/EKKO_Project-Users-Guide.pdf](http://www.sensoft.ca/wp-content/uploads/2018/04/EKKO_Project-Users-Guide.pdf)



ANNEXE 1

PLAN DE POSITIONNEMENT

(CARTE 4 DE WSP, 2018)



<p>1 Concentrateur</p> <p>2 Entrepôt et bureau</p> <p>3 Garages</p> <p>4 Espace de rangement</p> <p>5 Silo de minéral</p> <p>6 Concasseur</p> <p>7 Épaisseur</p> <p>8 Filtre</p> <p>9 Eaux propres</p> <p>10 Eaux usées</p> <p>11 Menuiserie</p> <p>12 Usine ferro-columbium</p>		<p>13 Remise</p> <p>14 Atelier de mécanique</p> <p>15 Atelier d'électricité</p> <p>16 Compresseur</p> <p>17 Chambre des treuils</p> <p>18 Bains</p> <p>19 Chevalement-abri</p> <p>20 Silo de stérile</p> <p>21 Magasin</p> <p>22 Balance</p> <p>23 Réservoir d'acide</p> <p>24 Carothèque</p> <p>32 Entrepôt d'explosif</p>		<p>⊕ Réservoir pétrolier</p> <p>⚡ Transformateur</p> <p>→ Effluent minier</p> <p>→ Canalisations souterraines de l'ancienne tour de décantation</p>		<p>Étendues historiques</p> <p>▨ Halde de marginal</p> <p>▨ Halde de magnétite</p> <p>▨ Halde de stériles</p> <p>▨ Parc à résidus</p>		<p>SODEXEN</p> <p>■ Dépôts de débris de démolition (1992)</p>		<p>Caractérisation environnementale du site minier St-Lawrence Columbian, Oka (Québec)</p> <p>Carte 4</p> <p>Bâtiments et infrastructures historiques</p> <p>0 60 120 180 m</p> <p>MTM, fuseau 9, NAD83</p> <p>Sources : Photographie aérienne, 1/15 000, MERN Québec, 1975, Q75881-181 « Mine and Surface Plan, "A" Ore Zone », St-Lawrence Columbian and Metals Corp., 31 décembre 1974</p>									
<p>Fosse #2 (Sud) Ouverture minière</p>		<p>Zone d'étude</p>						<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Préparé par</td> <td>53-54 21-08-2017</td> </tr> <tr> <td>Vérifié par</td> <td>21-08-2017</td> </tr> <tr> <td>Approuvé par</td> <td>21-08-2017</td> </tr> <tr> <td>Fichier</td> <td>171_03521_RE_c4_infrasHisto_wspq_180208.mxd</td> </tr> </tbody> </table>			Date	Préparé par	53-54 21-08-2017	Vérifié par	21-08-2017	Approuvé par	21-08-2017	Fichier	171_03521_RE_c4_infrasHisto_wspq_180208.mxd
	Date																		
Préparé par	53-54 21-08-2017																		
Vérifié par	21-08-2017																		
Approuvé par	21-08-2017																		
Fichier	171_03521_RE_c4_infrasHisto_wspq_180208.mxd																		

ANNEXE 2

COORDONNÉES DES ANOMALIES POINTÉES POUR LA ZONE 17

COORDONNÉES DES ANOMALIES POINTÉES SUR LA ZONE 17, PROJECTION WGS84.

GPR_L	GPS-Easting (18T)	GPS-Northing (18T)
L5	575848.14	5039119.34
L5	575847.51	5039119.10
L5	575846.00	5039118.55
L5	575845.01	5039118.20
L5	575844.20	5039117.91
L5	575843.20	5039117.51
L5	575842.55	5039117.29
L5	575841.79	5039117.06
L5	575841.05	5039116.86
L5	575840.23	5039116.67
L5	575838.83	5039116.40
L5	575836.78	5039116.11
L5	575835.60	5039115.97
L5	575834.66	5039115.82
L5	575834.19	5039115.74
L5	575833.48	5039115.59
L5	575832.99	5039115.48
L5	575832.15	5039115.27
L5	575831.59	5039115.12
L5	575830.72	5039114.92
L5	575829.84	5039114.69
L6	575830.53	5039111.95
L6	575832.75	5039112.87
L6	575834.46	5039113.67
L6	575838.51	5039115.29
L6	575839.93	5039115.75
L6	575842.48	5039116.67
L6	575844.78	5039117.59
L6	575847.80	5039118.85
L6	575849.43	5039119.63
L6	575850.55	5039120.18
L6	575852.57	5039121.17
L6	575854.43	5039122.13
L6	575855.33	5039122.62
L7	575829.03	5039110.90
L7	575831.34	5039112.63
L7	575832.76	5039113.15
L7	575834.19	5039113.80
L7	575835.41	5039114.24
L7	575838.18	5039115.24
L7	575839.52	5039115.67
L7	575841.29	5039116.31
L7	575843.26	5039117.00
L7	575845.22	5039117.66
L7	575848.56	5039119.09
L7	575850.46	5039119.91
L7	575853.59	5039121.40
L7	575854.92	5039122.08
L7	575856.27	5039122.88
L9	575826.48	5039122.19
L9	575827.71	5039122.74
L9	575829.78	5039123.51
L9	575832.32	5039124.45
L9	575840.08	5039127.69
L9	575852.57	5039129.35
L12	575856.71	5039121.83
L12	575856.31	5039122.51
L12	575855.85	5039123.60
L12	575855.54	5039124.63
L13	575827.00	5039122.85
L13	575828.24	5039123.23
L13	575830.16	5039123.89
L13	575832.57	5039124.65
L13	575857.08	5039134.31
L13	575859.15	5039135.36

COORDONNÉES DES ANOMALIES POINTÉES SUR LA ZONE 6, PROJECTION WGS84.

GPR Line	GPS-Easting (18T)	GPS-Northing (18T)
L16	575748.71	5039356.73
L16	575749.03	5039356.84
L16	575749.18	5039356.91
L16	575749.47	5039357.14
L16	575749.67	5039357.26
L16	575749.90	5039357.39
L16	575750.34	5039357.94
L16	575750.74	5039358.42
L16	575751.32	5039358.92
L16	575751.91	5039359.13
L16	575752.74	5039359.52
L16	575753.19	5039359.73
L16	575753.36	5039359.82
L16	575753.99	5039360.34
L16	575754.33	5039360.61
L16	575754.85	5039361.07
L16	575755.28	5039361.70
L16	575755.58	5039362.33
L16	575755.84	5039362.86
L16	575756.08	5039363.28
L16	575756.30	5039363.57
L16	575756.52	5039363.90
L16	575756.73	5039364.32
L16	575756.86	5039364.54
L16	575757.37	5039365.24
L16	575757.85	5039365.72
L16	575758.51	5039366.33
L16	575759.20	5039366.87
L16	575759.56	5039367.13
L16	575759.94	5039367.38
L16	575760.58	5039367.75
L16	575761.03	5039368.00
L16	575761.53	5039368.25
L20	575760.05	5039368.45
L20	575759.77	5039368.15
L20	575759.46	5039367.78
L20	575754.44	5039365.42
L20	575754.28	5039365.09
L20	575753.76	5039363.79
L20	575753.67	5039363.50
L20	575753.52	5039363.18
L20	575753.31	5039362.84
L20	575753.08	5039362.51
L20	575752.50	5039361.82
L20	575751.47	5039361.11
L20	575749.37	5039359.74

ANNEXE 3

LIMITES DE LA MÉTHODE GÉORADAR

Limites et conditions générales

Étude géophysique

Les outils de la géophysique procurent de l'information précise et en continu, mais parfois présentent certaines limitations. Bien que le taux de réussite de détection soit très bon, dans certains cas, il est possible que les appareils ne puissent détecter les éléments souhaités. Ainsi, lors des relevés électromagnétiques, la portée des sondages dépend principalement de deux paramètres, soit la conductivité électrique du sol et la fréquence utilisée. En ce qui concerne la conductivité, plus le sol est conducteur, moins le signal est apte à pénétrer le sol puisque l'énergie électromagnétique se dissipe rapidement. Quant à la fréquence, elle est relative à la profondeur d'investigation souhaitée.

Plus la fréquence utilisée est élevée, meilleure est la résolution, mais moins grande est la capacité de pénétration de l'onde.

La qualité du signal et la profondeur de pénétration peut donc être limitée par la présence de sources d'interférence telle que :

- Sources humaines
 - Les déchets métalliques de surface;
 - Les membranes en composites ou grillage métallique;
 - Les lignes de distributions d'électricité;
 - Les clôtures;
 - Les moteurs;
 - Les téléphones cellulaires;
 - Tous autres appareils émettant un signal électromagnétique.
- Sources naturelles
 - Les sols argileux ou conducteurs (p. ex. résidus miniers);
 - Les arbres et les débris ligneux grossiers;
 - Une importante densité de blocs;
 - Un sol gorgé d'eau ou la nappe phréatique et en particulier l'eau salée;
 - Une accumulation de neige importante.

La présence de ces sources d'interférences peut limiter la qualité et la profondeur de pénétration du signal. Par conséquent, les profondeurs d'investigation réelles peuvent être inférieures à celles anticipées et ne peuvent donc être garanties. L'identification d'éléments spécifiques tels que des conduits, réservoirs, câbles et tous autres structures ou corps enfouis pourrait être compromise advenant la présence de ces sources d'interférence.

Les levés géoradar doivent être réalisés à partir d'un chariot adapté et le système d'acquisition doit être le plus près possible du sol lors de l'acquisition; un sentier impraticable ou un obstacle majeur peut empêcher une qualité d'acquisition acceptable.

Enfin en ce qui concerne l'interprétation des données, il est important de considérer que le client doit fournir toutes les données de terrain disponibles (ex. forages, plan ou autres). Les données de terrain rehaussent le niveau de certitude de l'interprétation des données géophysiques.

Enfin, il est important de considérer que les cartes produites à partir de relevés en cadastres sont réalisées au moyen d'interpolations et que bien que souvent précises, certains biais peuvent être attribués à cette méthode, lorsque qu'il y a une grande variabilité latérale de la nature des dépôts.